

25X1

Page Denied

Next 1 Page(s) In Document Denied

A LÉPTÉKHATÁS A KÉMIAI TECHNOLÓGIÁBAN

KORACH MÓR r. tag*

(Budapesti Műszaki Egyetem, Kémiai Technológiai Tanszék)

Lehetetlen a léptékhatas szerepét a kémiai technológiában anélkül vizsgálni, hogy a kérdést előbb tudományos ismeretelméleti szempontból tárgyalnánk. A kémiai technológiában ugyanis a léptékhatas kérdését még úgyszólván fel sem vetették — ellentétben a hidraulikával, ahol az évtizedek óta napirenden van. Már pedig nézetem szerint egy problémakört az egyik tudományágból nem szabad átvinni egy másik tudományágba addig, amíg annak az összes tudományokra érvényes, tehát általános jellegzetességeit nem ismerjük.

Már most itt mindjárt felmerül az a nehézség, amit a léptékhatas ismeretelméleti szerepének eddigi nagyon kezdetleges feltárása okoz. Azt lehet mondani, hogy e tekintetben mindmáig főleg azt tanulmányozták, milyen hatása van a léptékváltozásnak, ha a kismintáról átmegyünk nagyobb méretekre, összefüggésben a hasonlósági elmélettel. Egész általánosságában a problémával ezen túlmenően alig foglalkoztak.

Egy előadás keretében lehetetlen volna a témát kimeríteni, de még csak legfontosabb vonatkozásaiban is alaposan megtárgyalni. Kérem tehát hallgatóim elnézését, ha kénytelen leszek kijelentésekre szorítkozni kimerítő bizonyítás nélkül, amit egyébként több esetben ma még nem is adhatnék. Tehát az itt hangoztatott tételek egy részét a legnagyobb fenntartással adom elő.

Mint látni fogjuk, a léptékhatas kérdése ismeretelméleti szempontból meglepően szoros összefüggésben áll a tér—idő kontinuum és a halmazok matematikai szerepével, sőt felveti a fizikai törvények általános érvényességének kérdését a méretektől függően.

„Da mihi punctum ubi consistam, terram coelumque movebo”, mondá ARCHIMEDES, amikor felfedezte az emelő törvényét. Ez a mondat kétségtelen bizonyítéka annak, hogy már ARCHIMEDES, mint azután az összes természettudósok évszázadokon keresztül, magától értetődőnek tartotta egy törvény-

KORACH MÓR: A LÉPTÉKHATÁS A KÉMIAI TECHNOLÓGIÁBAN

bizonyult. Az extrapolációnak ez az ismeretelméleti alakja a fiatal műszakiak felfogásában tudat alatt még ma is úgyszólván mindenütt szerepel: az a hallgatólágos feltevésük, hogy ami kicsiben, a laboratóriumban sikerül, annak ugyanúgy sikerülnie kell nagyban is. Ők is egy követ fújnak ARCHIMEDESSzel.

Már most a tapasztalat ezt a naív dogmát annyiszor megcáfolta, hogy egész általánosságban fel kell tennünk a kérdést, vajon a fizikai törvényszerűségek függetlenek-e a méretektől vagy sem. Vagyis szabatosabban, van-e jogunk a léptékváltozót olyannak tekinteni, mint más paramétereket (hőmérséklet, nyomás, elektromos feszültség stb.), amelyeknek fizikai hatásuk van. Legalábbis a „léptékhatás” kifejezés arra mutat, hogy abban egyesek a léptéknek konkrét fizikai hatékonyságot tulajdonítanak.

Nézetem szerint a méretlépték szerepe pusztán mértani jellegű, és léptékhatáson nem azt értjük, hogy a léptékváltozás önmagában váltana ki bizonyos fizikai vagy kémiai hatásokat, hanem csak azt, hogy a lépték változásával bizonyos határon túl olyan fizikai vagy kémiai paraméterek válnak hatékonnyá, amelyek azon alul elhanyagolhatók voltak, vagy pedig a lépték egy bizonyos értékén túl ugrásszerű változás áll be egyes paraméterekben.

A mértani léptékhatás jelentősége az egyéb paraméterek léptékhatásának jelentőségével szemben azért olyan nagy, mert gazdasági szempontból, tehát az ezzel szorosan összefüggő műszaki szempontból nem közömbös, mi történik akkor, ha egy berendezés méreteit növeljük. A költségek ugyanis a berendezés méreteivel nőnek, és nyilvánvaló, hogy a berendezés megfelelő működése annál fontosabbá válik, minél nagyobb a költség, vagyis a méret.

Már most ismeretelméleti szempontból érdekes megvizsgálni először azt, hogy milyen szerepet játszik a mértani léptékváltozás az egész fizikában, ill. technológiában, másodsor azt, hogy milyen alapvető összefüggések állnak fent a mértani és egyéb paraméterek léptékhatásai között. Erre mindjárt rátérünk.

A mértani lépték szerepe mellett azonban ismeretelméleti vizsgálatot igényel az időléptéknek, azonkívül a tér-időnek mint kontinuumnak, végül a behatások számának, mint halmazparamétereknek a szerepe is. Látni fogjuk, hogy a mai technológiában a behatások, s ezek között a paraméterek számának különösen nagy szerepe van, mert üzemi körülmények között pl. a nyersanyagok minőségi ingadozásai vagy a recirkuláció halmozó hatása ezt szükségképpen hozzák magukkal. Erre is vissza fogunk térni.

A léptékhatást közönségesen úgy értelmezzük, hogy az a kis léptéknek a nagy léptékre való áttérésében mutatkozik. Fontos azonban a léptékhatás fogalmának olyan általánosítása, mely az ellenkező irányú léptékhatást is magában foglalja: a nagy léptékről a kis léptékre való áttérés hatását. Ismert dolog, hogy a gyakorlatban nemcsak a laboratóriumban sikerült átalakulások nem sikerülnek néha nagyban, hanem fordítva, olyan folyamatok, amelyek

-2-

KORACH MÓR: A LÉPTÉKHATÁS A KÉMIAI TECHNOLÓGIÁBAN

kicsiben nem sikerülnek, néha nagyban símán mennek végbe. Talán fölösleges rámutatnom vegyészek előtt azokra a rendkívüli minőségi ugrásokra, amelyek a szemcsés méretekről kolloidális méretekre, ezekről a molekuláris méretekre, ezekről az atomméretekre és ezekről a korpuszkuális méretekre való áttérésnél mutatkoznak.

II.

Ezek után, visszatérve a léptékhátás szűkebb értelmezésére, amely pusztán a mértani léptékhátásra vonatkozik, nézetünk szerint a fizikai törvények léptéktől független érvényességére vonatkozó bevezető megjegyzésünk egész más megvilágításba kerül, ha igaz, hogy — mint a tapasztalat mutatja — a mértani lépték változásával sok esetben jelentős minőségi változások lépnek föl, s feltehető a kérdés, hogy a különböző fizikai törvényeknek nincsen-e kötöttségük a kisebb vagy nagyobb léptékhez. Hogy a kérdésre sok esetben igenlő választ adhatunk, az számos példa bizonyítja. Találéví pl., hogy a NEWTON-iéle gravitációs törvény csak igen rossz közelítéssel érvényes a föld felszínén, a közelítése a naprendszeren belül már lényegesen jobb, és még jobb a csillagrendszerben. A lépték csökkenésével pedig a törvény érvényességét vesztí az atomon belüli méretekre. Másrészt a fizikai törvényeket, mint ismerete, kísérleti berendezéseken tanulmányozzuk, s azokból általánosítunk. Már most, ha jól meggondoljuk, minden ugyanarra a fizikai jelenségre szerkesztett berendezés, sőt mincén hasonló, a természetben esetleg létező berendezés vagy rendszer (mint pl. egy bolygórendszer) tulajdonképpen egymás kölcsönös modellje: a nagyok a kicsinyeknek épp úgy modelljei, mint a kicsinyek a nagyoknak. Elvi síkon tehát minden esetben feltehető a kérdés, hogy a lépték változása esetében megállapított törvényszerűség meddig érvényes. E szempontból maga a modellezés s az avval összefüggő hasonlósági elmélet, ami az újabb korban vált külön tudomány tárgyává, valójában elvesztí különlegességnek látszó szerepét: kiderül, hogy GALILEI lejtőcsatornás ejtőgépe épp úgy kismintája a hegylejtőn leguruló testeknek vagy a földre suhanó meteoroknak, mint ahogy azok esése nagymintája az előbbinek. Másszóval, az egytípusú fizikai és műszaki berendezések is különböző méreteikben egymást kölcsönösen mintázzák. Ismeretelméleti szempontból tehát a léptékhátás kérdését legáltalánosabb formájában úgy tehetjük fel, hogy „egy mértanilag hasonló berendezés-sorozatban hogy változnak a méretekkal a különböző fizikai paraméterek”. „Mértanilag hasonló berendezéssorozat”, mondtam; arra ti. már hamar rájöttek, hogy ha a méreteknek csak egy részét változtatják meg és nem az összeseket, vagyis nem úgy, hogy az új berendezés mértanilag hasonló legyen az előzőhöz, akkor gyakran olyan mélyreható változások mutatkoznak a berendezés fizikokémiai viselkedésében, amelyeket lehetetlen a legtöbb esetben előre kiszámítani. Így keletkezett és fejlődött ki a hasonlóság-elmélet,

KORACH MÓR : A LÉPTÉKHATÁS A KÉMIAI TECHNOLÓGIÁBAN

amelynek feladata éppen az, hogy matematikai, többnyire félempirikus összefüggéseket állapítson meg a fizikai paraméterek között az egymáshoz mértanilag hasonló különböző méretű berendezésekben.

Sajnos, ha már, mint azt láttuk, a legszigorúbb fizikai törvények érvényessége is nem teljesen független a léptéktől, még rosszabb a helyzet a félempirikus hasonlósági törvényszerűségek esetében. Ezzel távolról sem akarom a modellezésnek már REYNOLD hangoztatta hasznosságát kétségbe vonni, hanem csupán a módszer alkalmazásánál szükséges óvatosságra kívánom felhívni a figyelmet. Mint arra pl. MOSONYI EMIL [1] is rámutatott, a mértani hasonlóság még a fizikai hasonlóságot sem vonja maga után a hidraulika esetében; annál kevésbé valószínű ez a fizikai és kémiai hasonlóság esetében a kémiai technológia terén, mint ezt THRING is megjegyzi [1]. Ezzel az alapvető elvi tétellel minden esetben számolnunk kell, ha nem akarunk meggondolatlan befektetéseket kockáztatni.

Ismeretelméleti szempontból ugyancsak messzemenő gyakorlati következményekkel járnak a léptékhata mai elméletének bizonyos alapvető hiányosságai: az időlépték és a paraméterek, ill. behatások számának hatására gondolunk. Ha igaz, hogy az idő dimenziója bizonyos értelemben összehasonlítható a tér dimenziójával, felmerül a kérdés, miért nem foglalkoztak eddig az időlépték hatásának tanulmányozásával rendszeresebben; mert az időparamétert önmagában nyilván az összes fizikai és kémiai törvényszerűségeknél tekintetbe vették, amennyiben azok időfüggőeknek bizonyultak. Különösen a kémiai technológiában feltehető a kérdés, vajon a hasonlóság elvét nem állították-e fél hiányosan, amikor csak a hasonló méretű, de nem egyúttal egymással arányos időszakokban működő berendezéseket tanulmányozták a hasonlósági elv alkalmazásában. A kémiai technológiában ugyanis egyáltalán nem közömbös pl. mind a korrózió, mind a szennyeződések felhalmozódása szempontjából, hogy egy berendezés mennyi ideig működik. Itt is első pillanatra feltehető pl., hogy egy mértanilag hasonló nagyobb készülékben, amelynek falvastagsága tehát arányosan szintén nagyobb, a korrózió megengedett időtartama is arányosan nő, s így a működési idő is arányosan nagyobb lehet. A beható elemzés azonban mindjárt megmutatja, hogy a vegyipari berendezésekben még kevésbé lehet a mértani hasonlóságról a kémiai hasonlóságra következtetni, mint a mechanikai berendezésekben a fizikai hasonlóságra. Hasonló megfontolások érvényesek a behatások sűrűségére is. Ami pedig a paraméterek számát illeti, azoknak sajátos „léptékhataását” egészen külön kellene tanulmányozni már csak azért is, mert mint arra már LE CHATELIER rámutatott, a törvényszerűségek megállapítása a paraméterek számának növekedtével gyakran nagyon nehéz, sok esetben lehetetlenné válik.

Az időlépték, a behatások sűrűsége és a növekvő paraméterszám hatásának rendszeres tanulmányozása számára alapvető fontosságúnak tartom

KORÁCH MÓR: A LÉPTÉKHATÁS A KÉMIAI TECHNOLÓGIÁBAN

egyrészt az egyes adott tipikus technológiák területén hosszú időn át szerzett tapasztalatokat, másrészt azt a forradalmi átalakulást, amit a folyamatok számításánál legújabbban az elektronikus számológépek jelentenek.

Való igaz, hogy a folyamatok meggyorsításával — pl. katalízis útján — az időparamétert a kémiai technológiában (és más úton más technológiákban is) sikerült méreteiben lényegesen befolyásolni: növelni vagy csökkenteni. De adott, pl. minimális időre beállított vegyi átalakulásban, ha az folyamatos, az időparaméter bizonyos behatásokat összegez s még hozzá bizonyos határon túl minőségi változást is okozhat, amit csak megfelelő időlépték alkalmazása deríthet fel: tehát itt is a térlépték változásában mutatkozó hasonló törvényszerűség jelentkezik.

Itt azonban felmerül egy kérdés, amely a térlépték esetében nem mutatkozik: van-e mód valamely minőségi léptékhatas felderítésére rövid idő alatt is, olyan módszerrel, amelyre legyen szabad a „sűrítés” elnevezést javasolnom; valami olyasfélé, mint pl. a bor mesterséges öregbítése? A kérdésre ma elvileg lehetetlen általános formában válaszolni. Egyes tapasztalati tények azonban azt mutatják, hogy vannak ilyen lehetőségek. Nagy viszkozitású anyagok lassú folyamatainál pl. elérhető az ilyen „idősűrítés” a kezelési hőmérséklet emelésével. Ismert dolog, hogy a kerámiai anyagok zsugorodásánál a kezelési idő és a hőmérséklet, bizonyos határokon belül, kicserélhetők egymás között: magasabb hőmérsékleten rövidebb, alacsonyabb hőmérsékleten hosszabb hőkezelés útján ugyanolyan fokú zsugorodás érhető el, és ezt az elvet már évekkal ezelőtt alkalmaztam az ún. gyorségetésnél.

A „sűrítésnek” azonban sokkal tágabb tere nyílik a számítás terén. Az elektronikus számológépek másodpercekre vagy percekre „sűrítik” a behatások szinte tetszőlegesen nagy számát, s voltaképpen az ilyen számítás sajátos, elvont modellkísérletnek tekinthető, amelyben egy hosszú ideig tartó folyamatot az idő törtrészában lejátszatnak. Ez pedig új utakat nyit meg a technológiai kísérletezés megalapozása számára.

Hasonló szerepet játszhatnak e számológépek a sokparaméterű folyamatok tanulmányozása terén. Ha kísérletileg nem is, de legalább matematikai módszerekkel — amennyiben a szükséges egyenletek rendelkezésre állnak — rengeteg sok olyan paraméterszám behatása elemezhető rövid idő alatt, amelynek kísérleti vizsgálata évezredekig venne igénybe. A brigádmunkával természetesen ez az idő kísérletileg is „sűríthető”, s ezért emeltem ki annak fontosságát egy előző tanulmányomban [2].

Mind ezek az elvi megfontolások nem azt kívánják bizonyítani, hogy tehetetlenek vagyunk valamely új berendezés megtervezésénél, hogyha az alkalmazandó eljárás hosszú tapasztalatok alapján nem ismeretes. Céлом az, hogy felhívjam a Magyar Tudományos Akadémia figyelmét a kérdés nagy tervgazdasági jelentőségére, és kutatóinkat ennek tanulmányozására serkentsem.

KORACKI MŰR : A LÉPTÉKHATÁS A KÉMIAI TECHNIKÁBAN

Éppen ezért az itt előkezelést megjegyzések nem voltak teljesek, ha nem mutatnák rá néhány módszertani elvre, amely ha nem is ad teljes biztonságot, alkalmas a kockázat nagymértékű csökkentésére.

Az első ilyen módszertani elv, amire a figyelmet felhívni talán különösen, a műszaki tudományok történelmi adathalmazának következtetés alkalmazása. Az üzemek tervezői elég gyakran elfelejtik — az legutóbbi tapasztalatom —, hogy a technológia nem velük jött a világra és, hogy minden meghatározott technológia eddigi megvalósulásai a modell fogalmának kiterjesztésével úgy is foghatók fel, mint gyakorlatilag működő, tehát annál bizonyítóbb erejű sorozatos modellkísérletek, amelyek adatait fel lehet és fel kell használni minden újabb üzem tervezésénél. Nyilvánvaló ezért a dokumentáció jelentősége az üzemek megtervezésénél, bár sajnos, az is köztudomású, hogy az adatok megszerzése sokszor mennyire nehéz még évszázadok óta ismert technológiák terén is, részben az ipari konkurrencia titkolódása miatt, részben pedig azért mert — különösen a múltban — az üzemi műszaki adatokat nem jegyezték fel rendszeresen, és még ha ezt meg is tették, sokszor nem azszal a céllal állították össze, hogy tervezésre felhasználhatók legyenek. Így tehát néha döntő adatok is hiányoznak, míg jelenléteket adatokat esetleg tömegesen jegyeznek fel. Meggyőződésem, hogy a tervgazdaság egyik legfontosabb műszaki feladata éppen a rendszeres dokumentáció folyamatos nyilvántartása az üzemekben, mert az ilyen adatok felbecsülhetetlen műszaki tudományos jelentőségűek és sokszor messze felülmúlják a laboratóriumi kísérleti adatok értékét.

Új eljárások kidolgozásánál, vagy ismert eljárásoknak új nyersanyagokra való alkalmazásánál alapvető módszer a fizikai-matematikai előtanulmányozás és a lépcsőzetes előkísérletezés alkalmazása nagyobb léptékű berendezésekben.

Itt is rengeteg hibát követnek el a gyakorlatban, mert kidolgozott módszertan hiányában a tervező mérnököket sehol sem képezik ki a tervek ilyen jellegű tudományos előkészítésére. A mérnökök egy része túlságosan bízik az előkísérletek bizonyító erejében s néha a legdurvábban vét a léptékhatás elve ellen. Gyakori dolog, hogy a kísérleti berendezésekben a készülékeknél még a mértani hasonlóság elvét sem veszik tekintetbe, és következtetéseket vonnak le kisméretű készülékek működéséből olyan nagyméretű készülékek működésére, amelyek teljesen eltérő alakúak és szerkezetűek. De sokan az ellenkező végletbe is esnek: azt vélik, hogy a mértani hasonlóság elegendő biztonságot nyújt nagyobb léptékben is, mert nem terjedt el annak az elvnek az ismerete, hogy a lépték növelésével a mennyiségnek a minőségbe való átcsapása a léptékhatás egyik tünete. Kérem amerikai tervező-mérnök nemrégiben érdekes példát hozott fel [3] egy ilyen esetre. Egy érekinycső berendezése, amelyet először nagylaboratóriumi méretben (25–30 kg/óra teljesítménnyel) próbáltak ki, asután egy félüzemi berendezésben fejlesztették tovább.

KORACH MÓR: A LÉPTÉKHATÁS A KÉMIAI TECHNOLÓGIÁBAN

(1 tonna/óra teljesítménnyel), nem működött, annak ellenére, hogy *mind a laboratóriumi, mind a félüzemi berendezés kitűnő eredményt adott*. Kiderült, hogy a minőségi ugrás valahol a félüzemi és az üzemi berendezés között történt, de ezt nem vehették észre, mert az 1 tonna/óra teljesítményről közvetlenül áttértek a 40 tonna/óra hozamú telepre. A bajon nem lehetett segíteni, az üzemet le kellett állítani, s hamarosan ellepte a gyom és a gaz, mert még leszerelni sem volt érdemes.

Itt felmerül egy gazdasági jelentőségű elvi kérdés is. A gyakorlat emberei sokszor hangoztatják, hogy a lépcsőzetes módszer sem ad biztonságot, s végleges feleletet egy új berendezés működőképességére csupán az üzemi méretű kísérleti gyár adhat. Nos, ez már csak azért is túlzás, mert mindjárt tökéletesen működő üzemeket nem ismerünk, és üzemzavarok minden beindításnál jelentkeznek még akkor is, amikor klasszikus technológiáról van szó. Nem biztonságról, hanem csupán *valószínűségről* kell beszélnünk, s ez határozottan nő a laboratóriumi és üzemi méretek közé beiktatott közbelső léptékek számával. Már most ezzel a számmal nyilván nő a kísérleti költség is, s ezért minden esetben megvizsgálendő az elvi kérdés, mi kerül kevesebbe: egy üzemi berendezés esetleg hosszabb beindítási ideje kevesebb előkísérlettel, vagy rövidebb beindítási idő több előkísérlettel. Sajnos, ennek eldöntésére ma még nem rendelkezünk tudományosan megalapozott módszertani eljárásokkal; e megfontolások azonban óvatosságra intik azokat a fiatal tervezőinket, akik a lépcsőzetes előkísérletek okvetlenül perdöntő voltában hisznek.

A tervező mérnököknél tapasztalható másik szélsőség a hit a matematikai módszer mindenhatóságában. Való igaz, hogy alapos fizikai-matematikai elemzés nélkül, amely ha nem is minden esetben, de sok esetben lehetséges, könnyen megeshetik, hogy fölösleges kísérleteket végzünk, amelyek csupán azt bizonyítják be, hogy pl. egy folyadék magától nem folyik alulról felfelé, vagy hogy pl. erősen exoterm reakciókat hűtés nélkül nem lehet előre meghatározott hőmérsékleten tartani. Márpedig nem egy esetben üzemi berendezések azért működtek rosszul, mert ilyen elemi fizikai tényeket nem vettek tekintetbe a tervezésnél, s a kisebb léptékű kísérleteknél véletlenül ilyen berendezési hibák nem történtek. Mégis tudatában kell lennünk annak, hogy még nagyon távol vagyunk attól az időtől, amikor egy üzemet normális léptékben pusztán papíron meg tudunk majd tervezni minden előkísérlet nélkül. A vegyiparban egy ilyen munkamódszer új technológiák bevezetésénél végzettsé válhat, ha meggondoljuk, hogy a klasszikus vízierőművek tervezésénél is, az ott nagyon fejlett hasonlósági elméleti módszerek ellenére, a pusztán papíron való tervezést legfeljebb kis létesítményeknél kockáztatják meg.

Alapvető tervezési módszertani elvnek kell tekinteni tehát azt, hogy minden új technológiának, vagy ismert, de új nyersanyagokkal dolgozó technológiának megtervezése csak akkor lehet tudományos, ha az gondos dokumentációval kezdődik, beható fizikai-matematikai elemzéssel folytatódik,

KORACH MÓR: A LÉPTÉKHATÁS A KÉMIAI TECHNOLÓGIÁBAN

és csak ezután kerül sor, a szükséges laboratóriumi kísérletek alapján, a léposózetes modellkísérletekre, úgy hogy ilyen komplex munka alapozza meg a terv kidolgozását.

Sajnos, a tervek megbízhatóságára vonatkozóan ma még távol vagyunk, ilyen módszeresség mellett is, nemcsak az abszolút biztonságtól — ami lehetetlen —, hanem a magasfokú valószínűségtől is. A technika történelmi harcmezőjét — minden gondosság ellenére — nem sikerült üsemek hullái borítják, ami jórészt a technológiai tudományos módszerek fejletlenségének, s a léptékhatás sok esetben bizonytalan jellegének köszönhető. Ez annyira igaz, hogy van, aki hajlandó a tervezésnél inkább a józan észre támaszkodni, elfeledkezve arról, hogy a tudományos gondolkodás sokszor szöges ellentétben áll az ún. „józan észszel”. Az előbb idézett KERN mondja el [4], hogy az ő tervező irodájában dolgozott egy mérnök, aki diplomáját inkább löverseny látogatással, mint tanulással szerezte meg, s mégis néha ő oldott meg olyan problémákat, amelyeknek fizikai-matematikai úton nem tudtak a végére járni. Az ilyen „módszert” azonban nyilván aligha lehet tudományosnak nevezni.

III.

Mint mondtam, a léptékhatás szerepét s azzal összefüggésben a hasonlósági elv, ill. a modellelmélet kérdését a kémiai technológiában mindmáig úgyszólván alig tették komoly tanulmány tárgyává. Az egész irodalomban alig találunk egynéhány, pl., erre vonatkozó kémiai technológiai dimenzióelemzéssel foglalkozó munkát [5]. Azt lehet mondani, hogy a kémiai technológia e tekintetben messze elmaradt a hidraulika mögött, annak ellenére, hogy a hidraulika dimenzióelemzését a vegyipari gépészet nagymértékben kihasználja mindenütt, ahol folyadékkémiai technológiáról van szó. Nézetem szerint feltűnő, hogy ugyanazok, akik e módszer termékenységét hidraulikai vonatkozásban kipróbálták, alig gondoltak arra, hogy a fizikai hasonlóságon túl a vegyipari műveletekben a fizikai-kémiai és kémiai jellegű hasonlóság eredetét is szükséges és termékeny lenne tanulmányozni.

A léptékhatásnak pedig bebizonyítottan óriási szerepe van a kémiai technológiában. Ezt mi sem mutatja jobban, mint egy érdekes amerikai közlemény [3], amelyben öt vegyipari gépésztanulmány: — MANN, SCHNEIDER, TREF, KERN és JORDAN — megvitatja egy viszonylagosan egyszerű vegyipari folyamat megtervezésének kérdését, s az egész vita mind módszertanban, mind tartalmában szinte kiáltó bizonyítéka annak, hogy az eddig elmondottak mennyire helytállóak.

Jellemző már magában az a tény, hogy a megbeszélés résztvevői kivétel nélkül kifogásolják a rendelkezésükre bocsátott adatok hiányosságát annak ellenére, hogy azok laboratóriumi adatok, tehát szabatosan és teljesen lehettek volna. Ez nyilvánvalóan mutatja, hogy a laboratóriumi vizsgálatok Ameriká-

KORACH MÓR: A LÉPTÉKTHATÁS A KÉMIAI TECHNOLÓGIÁBAN

ban sem készülnek fel arra, mi érdekli a tervező mérnököket. Szinte hihetetlenül hangzik, hogy a berendezésben szereplő reaktor folyadék-töltetéről csupán annyit közöltek, hogy annak viszkozitása a reakció során megkétszereződött, de azt már nem mondták meg, hogy a kezdeti viszkozitás 1 vagy 500 és így a végső viszkozitás 2 vagy 1000 centipoise-e, ami a szerkesztőnél óriási különbséget jelent. Az egyik résztvevő elpanaszolta, hogy „az üzemtervező vagy üzem bővítő mérnököt egy új problémába gyakran túl tömör mondatokkal vezetik be. A telefon cseng és egy sürgető hang így szól: „A üzemünkből át akarjuk vinni azt az öreg centrifugát B üzemünkbe, és fel akarjuk használni annak az új X polimernek az előállítására, amit a kutatási osztály kidolgozott”. Hogy a vállalat nem akar pénzt költeni, azt hamar megtudjuk és hamar megtudjuk azt is, hogy az új berendezésnek már tegnap működésben kellett volna állnia; de nagyon keveset tudunk meg a régi centrifugáról az A üzemben” [6]. Vajon kinek nem tettek még fel hasonló kérdéseket a vegyiparban?

Nos, a nevezett szakemberek vitája a megrendelők által feltett kérdésekre vonatkozóan nem sokkal vigasztalóbb képet ad a megoldás metodikájának mai állásáról sem. Ezt egyébként az is mutatja, hogy a tanulmányban vastag betűkkel két helyen is szerepel a kérdés, vajon „modellezzünk-e vagy sem” (To pilot or not to?). Valóban, a megadott reakciókörülmények bizonytalanságán túl, magának a kémiai technológiai léptékhatásnak úgyszólván teljes ismeretlensége is arra kényszeríti az összes résztvevőket, hogy néha feltételelesen, de többször határozottan javasolják a többléptekű előkísérleteket a megfelelő fizikai-kémiai tanulmányozás után. MILLER ugyanazt jelenti ki, amit az előbb magam is megjegyeztem, hogy „fokozatosan talán el fogunk tekinteni a félüzemi kísérletektől, de sok folyamatnál a MAC ADAMS és HANKS által leírt cél még mindig távol áll. Ez a cél az, hogy a kiindulási adatok birtokában leülhessünk ceruzával és papírlappal, és az anyagok tulajdonságai-ból és a természet törvényeiből biztonsággal kiszámíthassuk a szoban-forgó teljes működési elvet”. A felszólaló hozzáteszi, hogy ez ma még keverő tartályoknál sem lehetséges, ami valóban elszomorító [7]. Az Industrial and Engineering Chemistry idézett vitájának tanulságaihoz sokban közelálló megállapításokhoz jut GROTHE is [8], aki a tanulmányát főleg a folyamatmodellelés különböző eseteinek és fokozatainak, valamint a szakemberbrigádok szerepének és a szükséges elővigyázatnak elemzése teszi érdekessé.

Sajnos, a léptékhatás jelentősége a kémiai technológiában még annyira ismeretlen, hogy pl. a szén kokszolhatóságát mindmáig laboratóriumi méretekben, 1 g-os tégely-kokszolással, 10 g-os lepárlással és legfeljebb 50–100 kg-os ládakokszolással végzik és az így kapott adatokból próbálnak következtetni az ipari méretekben előállított koksz minőségére. Már most legújabbban RUSZANK és munkatársai bebizonyították [9], hogy üzemeltetési kísérleteket csak félüzemi, a ládakokszolásnál használt mennyiség hatáskörében méretesített lépés-

KARACH MÓR: A LÉPTÉKHATÁS A KÉMIAI TECHNOLÓGIÁBAN

berendezésből lehet levonni. De a szerzők ennek ellenére kijelentik, hogy nagyobb biztonság kedvéért, s a nagyüzemi beruházások terjedelmére való tekintettel, üzemi méretű ellenőrzés is kívánatos, s egy ilyen kísérleti telep felépítését 1957-ben már el is kezdték. A telepet 20 tonna/óra teljesítményre tervezték. Hasonló jellegű léptékhatásvizsgálatot végzett a veszprémi Nehésvégypari Kutató Intézet is [10]. Míg egyfelől ez a munka is rámutat arra, hogy a léptékváltozás nagyobb jelentőségű a kémiai berendezésekben, mint a mechanikai berendezésekben, ugyanakkor érdekes példa arra, hogyan lehet a ládakokszolással történő „modellkoksz—kamrakoksz” hasonlóságát közelebb hozni azáltal, hogy a ládát szigeteléssel a kamrához fizikailag hasonlóbbá tesszük.

Az elmondottakból távolról sem következik az, hogy minden esetben ragaszkodnunk kell a „dokumentáció—matematikai elemzés—laboratóriumi kísérlet — lépcsőzetes félüzemi és üzemi kísérlet” skémájához, s még hozzá az egész tervezendő berendezésre vonatkozólag. Mint azt FRAGEN és munkatársai néhány jellemző példával illusztrálják [11], néha elég a számítás és néha a laboratóriumi lépték; vannak ezenkívül esetek, mikor a félüzemi, sőt az üzemi léptékre is csak a berendezés egyes elemeinél van szükség. Előfordul, hogy kísérleti berendezéseket új célokra olcsón, meglevő készülékekből lehet összeállítani, sőt egész berendezéseket is fel lehet használni, úgy, ahogy vannak. Hiszen a készülékek működése távolról sem egyformán ismert, s az egyszerűbb folyamatoknál kevesebb kísérlet is ugyanakkora valószínűséget adhat a végső berendezés jó működésére vonatkozólag, mint bonyolult folyamatoknál több kísérlet. Mindez, *ma*, még csupán esetről-esetre dönthető el, mert a technológiai kísérletezés módszertanát ilyen mélységig még nem építették ki.

Ha meggondoljuk mégis, hogy a kémiai technológiai léptékhatás megállapításának bonyolultságára való tekintettel a nagyméretű kísérletezés *ma* még csak kivételesen kerülhető el, felvetődik a kérdés, vajon népgazdasági feltételeink között van-e mód arra, hogy ezt a drága kísérletezési metodikát következetesen alkalmazzuk. Nézetem szerint hazai viszonyaink tekintetében feltétlenül megkövetelik egyrészt a többi népi demokráciákkal meg szervezendő együttműködést, úgyhogy az ugyanolyan típusú kísérleti berendezéseket csak egy-két példányban és ott állítsuk fel, ahol az a legindokoltabb, másrészt a fizikai-matematikai tanulmányozás intenzív kiterjesztését az alkalmazott matematika művelőinek segítségével a főbb léptékhatás elkövetése céljából. Végül máhathatatlannul szükségesnek tartom a vegyipari léptékhatás rendszeres tanulmányozását, s a vegyészek következetes kiképzését arra vonatkozólag, melyek e szempontból a döntően szükséges laboratóriumi adatok, s hogyan kell azokat meghatározni.

Egy egész számítási és kísérleti metodika fokozatos és tervezett kidolgozásáról van tehát szó, amely munka alól népi demokráciánk annál kevésbé vonhatja ki magát, minál erősebben a rendelkezésre álló anyagi eszközök.

KORACH MÓR: A LÉPTÉKHATÁS A KÉMIAI TECHNOLÓGIÁBAN

ÖSSZEFOGLALÁS

A kémiai technológia folyamatok és berendezések tervezése és működése megfelelő számítások és előkísérletek függvénye. Az előkísérletekben nagy szerepet játszik a léptékh hatás, amely a műszaki tudományok egész területén mind jobban szétfeszíti a klasszikus hasonlósági elmélet korlátait. A léptékh hatás különösen a kémiai technológiában lehet rendkívül jelentős, ahol a folyamatok általában bonyolultabbak, mint máshol. Ennek ellenére a kérdéssel csak ujabban kezdenek foglalkozni. Jelen tanulmányban szerző a léptékhattással összefüggő ismeretelméleti, ill. módszertani kérdésekkel foglalkozik és rámutat népgazdasági jelentőségekre.

IRODALOM

1. MOSONYI E.: „A méretarány szerepe a kisminta kísérletezésben”. Az Építőipari és Késo-
kedési Műszaki Egyetem Tudományos Ülésszakának Előadásai, 1955. november
11—12. Tankönyvkiadó, Budapest, 1957. 115. l;
THIRING M. W.: „The construction of models in which more than one process is
similar to the original”. Tr. Inst. Chem. Eng. 26, 93 (1948).
2. KORACH M.: „A technológia módszertana”. Magyar Tudomány 2, 205 (1957);
KORACH M.: „On methodological problems of technology”. Periodica Polytechnica,
Chem. Eng., 2, 145 (1958).
3. „Sealing up a process. Ind. and Eng. Chem. 50, 578—581. (1958).
4. Uo. 582.
5. S. BRETSZNAJDER: „Voprosi primeneniia teorii podobija k nekotorig processam himi-
czeskoj tehnologii.” („A hasonlósági elmélet alkalmazása egyes kémiai technológiai
folyamatokra.”) Zs. Prikl. Him. 31, 1636 (1958). (További irodalmi adatokat lásd
még u. o. 1647 old.); FINZI-CONTINI B.: „Dimensional considerations of the height
of stationary foams”, Chimica e industria (Milan), 36, 452—454. (1954);
M. J. McNELLY: „A correlation of the rates of heat transfer to nucleate boiling liquids”,
J. Imp. Coll. Chem. Eng. Soc. 7, 18—34. (1953);
IBL N.: „Recent applications of dimensional analysis to problems of transport processes”,
Chimia (Switz.) 9, 135—141. (1955);
DENT F. J.: „The production of gaseous hydrocarbons by the hydrogenation of coal”,
Gas Times, october 14, 1944;
KAPNICKY, J. A., CANHAM W. G., WALLS E. L.: „From 30 to 100 gallons laboratory
bench giant size”, Ind. Eng. Chem. 48, 178—182. (1956);
IBL N., BARRADA Y., TRÜMPER G.: „Natural convection during electrolysis interfero-
metric studies of the diffusion layer”, Helv. Chim. Acta 37, 583—597. (1954);
BOISTURE W. W., NICHOLSON E. W. S., TAPP W. O.: „Esso improves performance
and combats high costs of pilot-plant operations”, Chem. Eng. Progr. 52, 329—31.
(1956)*.
6. „Sealing up a process”, Ind Eng. Chem. 50, 580 (1958).
7. Uo. 579.
8. GAETHE J. D.: „Modern Approach to Pilot-Plant Design”, Chem. Engineering, June
1956, 239—242.
9. REERINK W., ECHTERHOFF H., BECK K. G.: „Verkokungsversuche in halbtechnischem
Maßstab”, Glückauf, 94, 102—110. (1958).
10. JAKÓ L., KABAI J.: „Modellkokes-kamrákoks összehasonlító vizsgálatok”, Veszprémi
Tudományos Ülésszak, 1957, a NEVIKI előadásai.
11. FRAGEN N., WEIDEMANN G. H., PETERSON K. C.: „Selecting the Kind and Size of Pilot
Plants”, Chem. Eng. Progress, 54, 65—68 (1958).

* Vösd össze még 3., 8., 9., 10., 11. és THIRING id. tanulmányában [1] a 97. lapon
összeállított irodalmat.